



工业和信息化部“十二五”规划教材

物联网引论

Wulianwang Yinlun

欧阳元新 熊 璋 编著

INTERNET of
THINGS



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



工业和信息化部“十二五”规划教材

物联网引论

欧阳元新 熊 璋 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

信息世界和物理世界相融合形成了物联网,并且推动了信息技术和人与人之间社会网络的交叉融合。面对已经到来的物联网产业革命,需要思考的问题已经不仅仅是如何将“物”联结到“网”上,而是所有的“物”都联网后,我们想要做什么以及如何付诸实现。本书对物联网的发展历程、核心支撑技术、体系结构、数据标识、信息安全以及典型应用进行了介绍。

本书适合作为高校计算机专业学生的教学参考书,也适合其他对物联网应用推广有兴趣的读者。

图书在版编目(CIP)数据

物联网引论 / 欧阳元新,熊璋编著. -- 北京:北京航空航天大学出版社,2016.5

ISBN 978-7-5124-2120-2

I. ①物… II. ①欧… ②熊… III. ①互联网络—应用—高等学校—教材②智能技术—应用—高等学校—教材
IV. ①TP393.4②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 106028 号

版权所有,侵权必究。

物联网引论

欧阳元新 熊 璋 编著

责任编辑 张冀青

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京兴华昌盛印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:17 字数:435 千字

2016 年 5 月第 1 版 2016 年 5 月第 1 次印刷 印数:2 000 册

ISBN 978-7-5124-2120-2 定价:39.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前 言

说起来,我与物联网之间还真挺有“缘分”的。1999年,物联网(Internet of things)的概念第一次被提出,正是在这一年,我开始了我的博士研究生学习,导师是熊璋教授。熊璋教授是国内最早开始进行无线射频识别(RFID)技术研究与应用推广的先行者之一,曾任国家金卡工程协调领导小组办公室专家组专家。在攻读博士研究生期间,我在熊璋教授的指导下,先后参与了多个与RFID相关调研报告的撰写和实际工程的设计部署工作。2005年,物联网被写入了国际电信联盟(ITU)的互联网报告;也是从这个时候起,物联网正式进入了人们的日常生活。同一年,我博士毕业并留校任教,开始担任“RFID技术与应用”课程负责人。刚留校时,熊璋教授就曾建议我把课题组在相关领域的研究积累进行总结,形成一本教材,我欣然许诺,未曾想,这一晃就是十年。在这十年间,物联网产业的发展有目共睹,物联网的概念也不再仅仅是“RFID + Internet”,而是从感官和智慧两个层面上的“物物相联”。

2010年也被称为“物联网元年”,“物联网引论”课程也是在这一年第一次与同学们见面。我们认为物联网是一个集成创新和应用创新并举的领域,它将大量来自完全不同专业领域的技术综合在一起,形成了一个跨学科的专业领域。但是,物联网的另一个特点是离不开大型计算机信息管理系统的支持,因此,计算机学科是物联网领域中的关键学科,也是发展最为迅速、技术含量最高的学科专业之一,技术应用涉及物联网的各个领域。而对于计算机专业(特别是高年级本科生)的同学而言,面对已经到来的物联网产业革命,需要思考的更重要的问题已经不仅仅是如何将“物”联结到“网”上,而是所有的“物”都联网后,我们想要做什么以及如何付诸实现。

本书的完成,与先进计算机应用技术教育部工程研究中心团队十余年来在相关领域开展的延续性研究工作是分不开的。请允许我向一起并肩战斗过的同事、同学们表示感谢!他们是:蒲菊华、刘睿、王剑昆、李超、盛浩、冷彪、荣文戈、王静远、张挺、刘玉恒、芦效峰、刘云璐、唐晓岚、方义、曾骁、范围、吴晶、薛玲、高磊、赫阳、朱成军、刘永利、魏奇、袁满、郝久月、王晔、任桥、张舒、王栋威、逢玲、侯尧、谢鹏悦、曾丽华、乔治、何志坚、辜玉、魏巍、张艳青、韩志成、刘伟、刘国师、刘长征、赵宏涛、张硕、任捷、王奉坤、管永川、郝翔宇、史肖燕、李瑞峰、沈睿、何洋洋、徐辉强、顾毅、张琪、赵海、李清广、徐州川等。此外,感谢曲乐、郑曜曜、刘晓蒙、张斌、宋欣、谢维柱、唐翠、张敬帅等同学在本书排版、校对过程中的辛勤付出。



本书在编写过程中,引用了大量来自互联网的资讯和报道,在此向原作者和刊发机构表示深深的感谢。我们已尽力标注引用出处,如有遗漏,深表歉意。由于编者水平有限、时间仓促,书中难免有疏漏和不足之处,恳请广大读者批评指正,以便本教材未来的修订。

欧阳元新

2015年12月10日

目 录

第 1 章 物联网的发展历程	1
1.1 RFID 与 EPC(电子产品代码)物联网	1
1.1.1 自动识别技术	1
1.1.2 物联网概念的提出与 EPCglobal	4
1.2 国际电信联盟物联网报告	5
1.2.1 ITU 互联网报告 2005:物联网	5
1.2.2 普适计算	6
1.2.3 无线传感器网络技术简介	7
1.3 智慧地球、智慧城市与物联网	9
1.4 物联网在全球的发展	10
1.4.1 高德纳技术成熟度曲线上的物联网	10
1.4.2 美 国	12
1.4.3 欧 洲	13
1.4.4 亚 洲	14
1.5 我国的物联网进程	17
1.6 小 结	19
第 2 章 无线射频识别技术	20
2.1 无线射频识别技术简介	20
2.2 RFID 技术基本工作原理	21
2.2.1 RFID 技术发展历史	21
2.2.2 RFID 的分类	22
2.2.3 RFID 系统构成	23
2.2.4 RFID 系统工作原理	25
2.3 RFID 标准体系与频率标准	31
2.4 多目标识别与系统防冲突原理	34
2.4.1 多目标识别工作原理与冲突问题	34
2.4.2 防冲突技术基本原理	35
2.4.3 典型标签防冲突方法	38
2.4.4 典型读写器防冲突方法	51
2.5 RFID 应用与案例	54
2.5.1 RFID 应用框架	56
2.5.2 在图书馆系统中的应用	57
2.5.3 园区应用——会展管理系统	58



2.5.4 在机场行李分拣系统中的应用	60
2.6 RFID 与普适计算	63
2.6.1 RFID 在普适计算中的作用	63
2.6.2 RFID 与智能空间	66
2.7 小结	70
第3章 供应链管理与 EPC 物联网	71
3.1 物流、供应链管理与 RFID	71
3.1.1 供应链管理、物流与配送	71
3.1.2 RFID 在供应链管理中的应用	72
3.2 EPC 物联网	74
3.2.1 EPC 系统与标准定义	74
3.2.2 EPC 编码	76
3.2.3 EPC 射频识别系统	79
3.2.4 EPC 信息网络系统	81
3.3 小结	89
第4章 移动自组织网络与无线传感器网络	90
4.1 移动自组织网络技术概述	90
4.1.1 移动自组网的发展	91
4.1.2 移动自组网的特点	92
4.1.3 移动自组网的应用	93
4.2 无线传感器网络技术概述	94
4.2.1 无线传感器网络的组成与特点	95
4.2.2 无线传感器网络技术的发展	99
4.2.3 无线传感器网络的关键技术与挑战	101
4.2.4 无线传感器网络的路由协议	103
4.2.5 无线传感器网络的 MAC 层协议	120
4.2.6 无线传感器网络的拓扑控制技术	129
4.2.7 无线传感器网络节点定位技术	143
4.3 车载网技术概述	148
4.3.1 车载网的定义	148
4.3.2 车载网的发展	149
4.3.3 车载网的特点	150
4.3.4 车载网的应用	151
4.3.5 国内外研究进展	152
4.4 小结	154



第5章 物联网的体系架构与关键技术	155
5.1 物联网的体系架构与参考模型	155
5.1.1 IBM 提出的物联网开放架构	155
5.1.2 欧盟第七框架物联网体系结构	156
5.1.3 感知层、网络层、应用层三层架构	158
5.2 感知层	159
5.2.1 环境感知	159
5.2.2 位置感知	161
5.3 网络层	174
5.3.1 感知数据无线接入方式	174
5.3.2 感知数据有线接入方式	188
5.3.3 远距离移动通信	190
5.4 应用层之支撑服务子层	199
5.4.1 云计算	199
5.4.2 大数据	200
5.4.3 地理信息服务	202
5.5 小 结	203
第6章 物联网数据标识	204
6.1 物联网数据标识体系	204
6.1.1 对象标识	205
6.1.2 通信标识	206
6.1.3 应用标识	206
6.2 我国物联网标识发展现状	207
6.2.1 物联网标识命名技术	207
6.2.2 物联网标识寻址技术	209
6.2.3 物联网标识发现技术	210
6.3 物联网数据标识服务	211
6.4 小 结	213
第7章 物联网信息安全	214
7.1 物联网面临的信息安全问题	214
7.1.1 感知层	214
7.1.2 网络层	216
7.1.3 应用层	217
7.2 实现物联网信息安全的方法	217
7.2.1 编码与密码学方法	217
7.2.2 信息隐藏方法	228



7.2.3 数字图像取证方法	234
7.3 小 结	235
第 8 章 物联网典型应用	236
8.1 交通应用	236
8.1.1 各国 ITS 发展历程	236
8.1.2 智能交通系统的研究范围	239
8.1.3 道路交通信息通信系统	240
8.1.4 不停车收费系统	243
8.1.5 电子警察系统	244
8.2 家居应用	245
8.3 医疗应用	247
8.4 农业应用	249
8.5 小 结	251
参考文献	252

第 1 章 物联网的发展历程

物联网,对应的英文是 Internet of things,直接翻译成中文就是“物物相连的互联网”。相信大家已经对互联网非常熟悉,那这里的“物”指的是什么呢?它的用词不是设备(device),不是机器(machine),而是范围更大的物(thing)。我们知道,计算机和其他电子设备只要具有网络接口,就可以连入互联网。但是,桌子、椅子、植物、动物这些物理世界当中存在的各种与电子完全没有关系的物品和生物,我们如何把它们连入物联网?联网可以实现哪些应用呢?

比如桌椅,如果不借助其他设备,肯定是不能直接连入互联网的,但是我们可以使用其他联网设备来识别出每张桌子、每把椅子以及每个看上去和电子设备毫无关联的物品,并且在它们身上(准确地说是体内)存储需要记录的信息,供各种应用读取和使用。这里所说的“联网设备”所具备的“识别”功能,正是物物互联的基础之一,称为自动识别技术。

1.1 RFID 与 EPC(电子产品代码)物联网

1.1.1 自动识别技术

自动识别技术就是利用一定的识别装置,通过被识别物品与识别装置之间的通信活动,自动获取被识别物品的相关信息,并提供给后台的计算机处理系统完成相关后续处理的一种技术。条形码技术是目前应用最为广泛的一项自动识别技术。除此以外,自动识别技术还包括:磁卡、IC 卡、射频识别、光学字符识别、语音识别、生物识别等。

1. 条形码

条形码(barcode),也称条码,是将宽度不等的多个黑条和空白,按照一定的编码规则排列,用以表达一组信息的图形标识符。常见的条形码是由反射率相差很大的黑条(简称条)和白条(简称空)排成的平行线图案,如图 1.1 所示。条形码的识别需要扫描器,扫描器利用自身光源照射条形码,再利用光电转换器接收反射的光线,将反射光线的明暗转换成数字信号。无论采取何种规则印制的条形码,都由静区、起始字符、数据字符及终止字符组成。有些条形码在数据字符与终止字符之间还有校验字符。



图 1.1 条形码

条形码可以标出物品的生产国、制造厂家、商品名称、生产日期、分类号及不同应用所需的不同信息,且条形码的读取准确率远远超过人工记录。因此在相当多的领域都得到了广泛的应用。此外,条形码的印刷成本相对较低,因而非常容易推广。



2. 磁 卡

磁卡(图 1.2)是一种卡片状磁性记录介质,利用磁性载体记录字符与数字信息,用来标识身份或其他信息。磁卡由高强度、耐高温的塑料或纸质涂覆塑料制成,能防潮且可以有一定的柔韧性,携带方便,使用较为稳定可靠。磁卡技术在很多领域得到了广泛应用,如:银行卡、登机牌、各种会员卡、车票等。



图 1.2 磁 卡

通常,磁卡的一面印有说明提示性信息,如插卡方向;另一面则有磁层或磁条。磁条是一层薄薄的由排列定向的铁性氧化粒子组成的材料(也称之为颜料),用树脂黏合剂严密地粘贴在一起,并粘贴在诸如纸或塑料这样的非磁基片媒介上。从本质意义上讲,磁条和计算机用的磁带或磁盘是一样的,它可以用来记载字母、字符及数字信息。磁条通常具有 3 个读写磁道,在使用时可以读出,也可以写入。磁道 1 可记录数字(0~9)、字母(A~Z)和其他一些符号(如括号、分隔符等),最多可记录 79 个数字或字母。磁道 2 和 3 所记录的字符只能是数字(0~9),磁道 2 最多可记录 40 个字符,磁道 3 最多可记录 107 个字符。

磁条中包含的信息一般比条码多。此外,由于磁卡成本低廉、易于使用、便于管理,且具有一定的安全特性,因此它的发展得到了很多世界知名公司,特别是各国政府部门几十年的鼎力支持。此外,银行系统几十年的推广使用,使磁卡的普及率得到了很大的发展。磁条技术的主要缺点是存储的数据非常容易修改,使用标准的读写装置可以很容易改变磁条上的数据,而在事后证明数据已经被修改却相当困难。

3. 集成电路卡(IC 卡)

集成电路卡(Integrated Card,简称 IC 卡),是在大小和普通信用卡相同的塑料卡片上嵌置一个或多个集成电路构成的。集成电路芯片可以是存储器或微处理器。非接触式 IC 卡又称射频卡,由 IC 芯片、感应天线组成,封装在一个标准的 PVC(聚氯乙烯)卡片内,芯片及天线无任何外露部分。目前,通常说的 IC 卡大多是指接触式 IC 卡,它的优点是可防止其内部存储的数据被恶意地存取和处理,且信息量大;缺点是触点对腐蚀和污染缺乏抵抗能力,导致寿命降低以及维护费用增加,同时由于必需的接触,也影响了识别速度。

带有存储器的 IC 卡又称为记忆卡或存储卡,带有微处理器的 IC 卡又称为智能卡或智慧卡。存储卡可以分为非加密型存储卡和加密型存储卡,后者又称为逻辑加密卡(图 1.3)。非加密型存储卡所用芯片就是一种串行存储器芯片,芯片内部除具有容量不同的数据存储器电路外,还有相应的地址译码电路和指令译码电路,可以用作医疗健康记录卡等。加密型存储卡是在非加密型存储卡的基础上,再增加一部分加密控制电路。其主要实现包括:对数据存储区

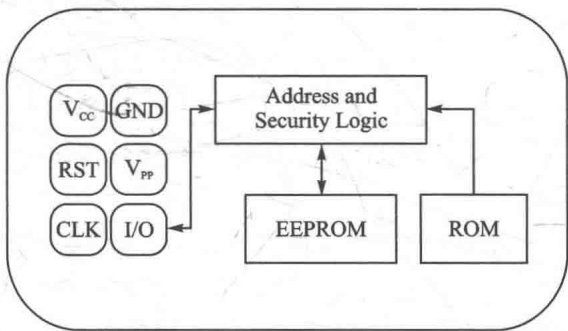


图 1.3 加密型存储卡(逻辑加密卡)结构示意图

开放/关闭的控制、对数据存储区读写的控制、对数据存储区擦除操作的控制,以及对密码校验、错误次数和锁闭功能的控制。它能够识别和响应外部提供的信息并予以判断,以确定卡内存储的信息对于访问是否开放,适合用作预付卡、校园卡等。

智能卡(图 1.4)是指在 IC 卡的集成电路中带有 CPU 电路的 IC 卡。在智能卡的芯片中,一般包括以下几方面的功能电路:

- ① 微处理器单元(CPU),执行指令和程序。
- ② 存储器单元,包括以下三种类型:
 - a) 随机存储器(RAM),用于存放运算过程中的中间数据和结果数据;
 - b) 只读存储器(ROM),用于存放智能卡操作系统(OS),或其他需要在厂家制造芯片时一次性写入的程序;
 - c) 电可擦除程序存储器(EEPROM),这是 IC 卡的主要存储器,用来存放发卡方、持卡人等的有关信息及其他需要长期存放在卡上的应用数据。
- ③ 输入/输出接口单元,由 CPU 控制的接触或非接触式接口,IC 卡通过接口单元与读卡器发生联系,实现通信。

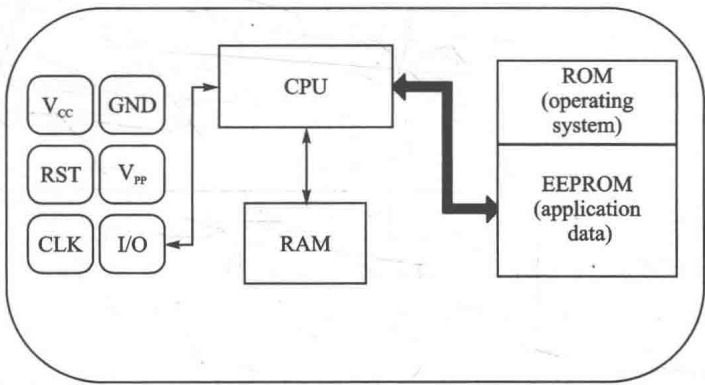


图 1.4 智能卡内部结构示意图

智能卡有了 CPU 就可以实现对数据的高可靠性、高安全性控制,可以进行复杂的信息处理和计算。它是安全级别最高的 IC 卡,适合金融领域的应用,可以用作信用卡、电子钱包等。有 CPU,就一定要有卡操作系统(Card Operation System, COS),它实现了代码重用和避免直接对底层硬件的操作。同时,由于卡片上芯片的体积和成本的限制,以及能够为卡片提供的能



量限制,卡上 CPU 相对 PC 机上的 CPU 要简单很多,各种存储器容量也小很多。这种专为卡片设计的操作系统应该具有一般操作系统的主要功能,但是肯定要简单。实际上它是 IC 卡监控程序,负责组织协调硬件、实现底层的通信协议等。卡操作系统要依照芯片产品的特性,一般采用汇编语言开发。

4. 无线射频识别

前面提到的非接触式 IC 卡又称射频卡,其采用的非接触自动识别技术称为无线射频识别(Radio Frequency Identification,RFID)。无线射频识别的基本原理是利用射频信号和空间耦合(电感耦合或电磁耦合)传输特性,实现对被识别物体的自动识别。它很好地将 IC 卡技术与射频技术结合起来,使射频卡具有了许多 IC 卡以及传统的自动识别技术无可比拟的优点,如非接触、远距离无需人工干预、多目标同时识别等。

RFID 标签又称射频标签、电子标签或者智能标签(Smart Label 或 Smart Tag),它是在射频卡基础上发展而来的,由耦合元件及芯片组成。每个 RFID 标签具有唯一的电子编码,附着在物体上可标识目标对象,具有不易损坏、携带信息较多、容易识别、环保等特点。RFID 标签不仅能够更好地跟踪、查询对象,还可以代替普通的 IC 卡用于身份鉴别,因此可以广泛地应用于会议管理、物流管理及图书管理等领域。由于 RFID 标签具有结构简单、外形可塑性强等特点,因此可按照具体要求将其定制成多种类型(图 1.5),嵌入物品内部或者附着在物品表面。

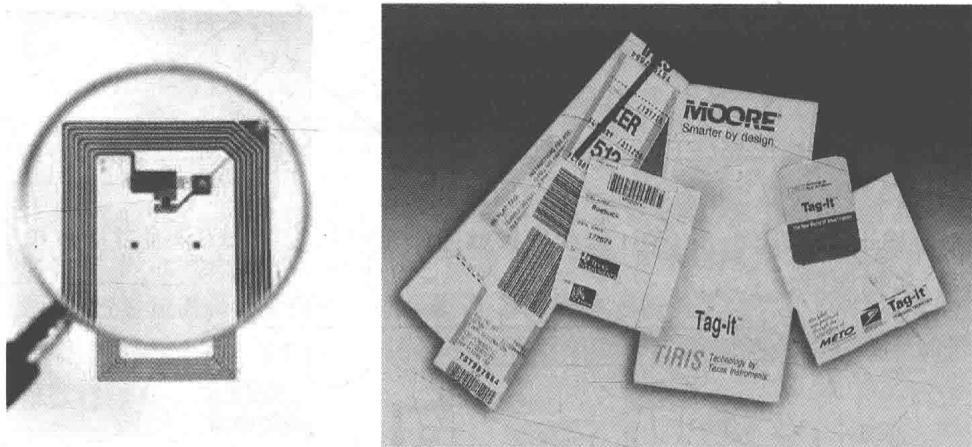


图 1.5 各种类型的 RFID 标签

为了以示区别,目前我们提到的 RFID 一般是指那种体积小、成本相对较低的无线射频识别标签,而把类似公交卡、校园卡这种封装的卡片称为射频卡。让物品能够“开口讲话”,并与联网设备进行通信和数据交换的,正是 RFID 标签。

1.1.2 物联网概念的提出与 EPCglobal

1999 年 10 月,麻省理工学院(MIT)的 Sanjey Sarma 和 David B Rock 两位教授提出了电子产品代码(Electronic Product Code,EPC)的概念。其核心思想是为每一个产品提供唯一的电子标识符 EPC,通过射频识别技术完成数据的自动采集。电子标签上存储 EPC 编码,而对 EPC 码的解析和对产品具体信息的访问将通过一个基于互联网的全球性的信息网络系统来完成。同年,位于麻省理工学院的自动识别实验中心(Auto-ID)建立,它由麻省理工学院、剑



桥和四个全球主要研究性大学组成。物联网(Internet of Things, IoT)正是在这一年由 Auto-ID 中心提出的。2003 年 11 月,负责国际商用条码的组织——国际物品编码协会(EAN·UCC),收购了 EPC 技术,成立了一个新的组织——EPCglobal,并设立了相应的技术委员会和工作组来维持软硬件研发和推动 EPC 技术的商业应用。原 Auto-ID 中心更名为 Auto-ID 实验室,负责 EPC 技术的后续研究。2005 年 2 月,EAN·UCC 正式更名为 GS1(Global Standard One)。2009 年,GS1 取消了作为实体机构存在的 EPCglobal,把原 EPCglobal 的管理职能纳入 GS1 整个管理体制,把原 EPCglobal 的标准工作纳入新 GSMP(全球标准管理流程)框架,强化各国编码组织在本区域 EPC 管理中的主导地位。

Auto-ID 中心提出的物联网概念,现在也被称为 EPC 物联网,或者产品信息网。它更多的是面向供应链管理领域的具体需求,旨在为每一件单独产品建立全球的、开放的标识标准,从而提高现代物流、供应链管理水平和降低成本。虽然这个定位与当前物联网的理念已经有了不小的差距,但不可否认的是,EPC 物联网的概念第一次把物理世界当中的“物”与信息世界的“互联网”联系在了一起。二者之间的纽带就是 RFID。简单地说,EPC 物联网(即 EPC 系统)采用的是一种“RFID+Internet”的组织结构,因此它具有以下特点:

① 开放的结构体系。EPC 系统利用互联网进行产品信息的传输与共享,这就避免了系统的复杂性,同时也大大降低了系统的成本,并且有利于系统的增值发展。

② 独立的平台与高度的互动性。EPC 系统识别的是一个十分广泛的实体对象,不可能有哪一种技术适用于所有的识别对象。同时,不同地区、不同国家的射频识别技术标准也不相同,因此开放的结构体系必须具有独立的平台和高度的交互操作性。EPC 系统网络建立在互联网基础上,并且可以与互联网所有可能的组成部分协同工作。

③ 灵活的可持续发展的体系。EPC 系统是一个灵活的、开放的、可持续发展的体系,在无需替换原有体系的情况下就可以做到系统升级。

1.2 国际电信联盟物联网报告

1.2.1 ITU 互联网报告 2005:物联网

2005 年,国际电信联盟(International Telecom Union, ITU)发布的《ITU 互联网报告 2005:物联网》(ITU Internet Report 2005: The Internet of Things),使“物联网”再次进入大众视野,而此时对物联网的定义也有了比较大的变化。Auto-ID 中心提出的物联网概念主要针对产品供应链管理领域,而 ITU 则把物联网引入了人们的日常生活。

《ITU 互联网报告 2005:物联网》(下文简称《报告》)由 ITU 战略与策略部撰写,在 2005 年突尼斯举办的信息社会世界峰会上发布。《报告》分为 7 个章节,包括物联网简介、可用技术、市场机会、潜在挑战、发展中国家的机遇、美好前景和新生态系统。《报告》深入探讨了物联网的技术细节及其对全球商业和个人生活的影响,着重呈现了新兴技术、市场机会和政策问题等信息。

《报告》中提到,截至 2005 年 6 月,全球已有超过 20 亿部连入蜂窝通信网的移动终端设备,比如移动电话。这些设备已经逐渐成为人们日常生活中不可或缺的一部分,甚至比连入互联网的计算机设备还要贴近人们的生活。可以说,当前已经进入到一个计算和通信无处不在



的时代。从支持短距离的无线收发器,到具备远距离通信功能的移动终端,再到日常用品,人和物之间、物和物之间的新通信形式已经形成。信息技术和通信技术(Information Communication Technology, ICT)的世界也加入了新的维度:在任何时间、任何地点,不仅人和人之间可以实现信息交换,现在人和物、物和物之间同样也可以,这就是物联网——一种全新的动态互联网络。

“物联网是一次技术的革命,它揭示了计算和通信的未来,它的发展也依赖于一些重要领域的动态技术创新:从无线传感技术到纳米技术。为了将日常用品和设备连入网络,把相关数据导入至大型数据库,首先,需要一套简单、易用并且有效的识别系统。只有这样,物体的数据才能够被准确收集和处理。无线射频识别(RFID)已为我们提供了相应的解决方案。其次,数据收集的能力取决于探测物体物理状态改变的能力,传感器技术就能满足这一需求。此外,可以通过在物体中嵌入智能处理器来发展网络边缘端的信息处理能力,从而延伸网络的覆盖范围。最后,随着小型化技术和纳米技术的发展,体积越来越小的物体能够具备交互和联网的能力。上述这些技术结合到一起,就可以构建出在感官和智慧两个层面上‘物物相连’的物联网。”

此外,在《报告》中还提到了一个名词——M2M(即 Machine to Machine,广义上还可理解为 Machine to Man, Man to Machine, Machine to Mobile),旨在实现人、设备与系统间的智能互联。M2M 也曾被直译为物联网,其主要推动者是通信运营商和移动虚拟运营商。从 2004 年开始,美国 M2M 国际组织每年都会召开一至两次的 M2M 国际展会(M2M Expo),对产业发展起到了很好的推动作用。2004 年创刊的 M2M 杂志定义的 M2M 业务范围很广,包括无线射频识别、无线传感器网络等,但主要还是指基于有线长距离和无线长距离两种通信方式的各行业应用。M2M 中的 Machine 一词是一个泛指,包括任何带有智能芯片的“智能物件”。

从 1999 年 EPC 物联网的提出,到 2005 年物联网报告发布,可以说,在这 6 年里,一种新的计算模式逐渐酝酿、发展,这就是 ITU 报告中提到的“无处不在的计算”,即“普适计算”。

1.2.2 普适计算

普适计算(Pervasive/Ubiquitous Computing)的思想最早于 1991 年由 Xerox PARC(Palo Alto Research Center)计算机科学研究室首席科学家 Mark Weiser 在文献 *The Computer for the 21st Century* 中提出。普适计算是网络计算的自然延伸,它使得除了 PC 以外的其他智能设备都能连接到网络中,从而使人们随时随地、无障碍地享用计算能力和信息服务。

普适计算强调把计算嵌入到环境或日常工具中去,让计算机本身从人们的视线中消失,人们观注的中心回归到要完成的任务本身,即用户和周围环境(无数大大小小的计算设备)在潜意识上进行交互,用户不会有意识地弄清楚服务来自周围何处的普适计算技术。从技术发展上讲,普适计算的产生与分布式计算、移动计算技术的发展紧密相关,如图 1.6 所示。分布式计算是由远程通信、远程信息访问以及分布式安全性等技术发展而来的;在移动网络、自适应性等技术的影响下,它们发展为移动计算;在附加了智能空间、嵌入式系统和位置伸缩性等技术的基础上,移动计算发展成为了普适计算。

普适计算被认为是超越互联网分布式计算的新一代革命性的计算模式。从 20 世纪 90 年代后期开始,普适计算在国际上得到广泛关注,许多相关的研究计划纷纷启动,逐渐发展成为了一个极具活力和影响力的研究领域,其中包括 MIT 的 Oxygen、UC Berkeley 的 Endeavor、

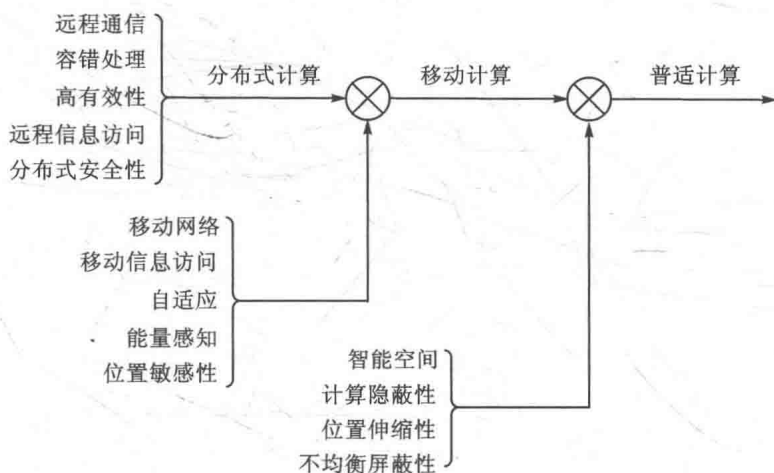


图 1.6 普适计算

华盛顿大学的 Portolano、Microsoft 的 EasyLiving 和 CMU 的 Aura 等研究项目。

从技术角度分析,要实现普适计算必须具备三个条件:

- ① 市场上出现大量的种类繁多的廉价低功耗计算设备;
- ② 存在将所有计算设备(如嵌入式设备、辅助设备)连接在一起的网络;
- ③ 适用于实现普适计算应用系统的软件支撑平台。

普适计算领域主要的研究热点有上下文感知技术,智能终端、信息捕获与传输,人机交互,软件体系结构等。智能终端、信息捕获与传输作为普适计算领域一个很重要的研究方向,正逐渐与 RFID 技术相结合。目前,RFID 标签已经广泛用于商业领域,为供应链管理、仓储、物流等业务提供方便。RFID 标签具有对物体唯一标识的能力,通过与传感器技术相结合,可以感知周围物品和环境的温度、湿度及光照等状态信息,并利用无线通信技术方便地把这些状态信息及变化传递到计算单元,让计算无处不在,主动、按需地为人们提供服务。

从理论角度分析,普适计算最终是为了实现信息空间与物理空间的融合,在这个融合的空间中人们可以随时随地、透明地获得数字化的服务。普适计算的定义表明实现普适计算“随时随地”性和“透明”性的基础是要使信息空间和物理空间融合为一体。这种融合至少含有两层含义:绑定(Binding)和自发的交互(Spontaneous Interaction)。自发的交互目前主要通过上下文感知计算来实现。上下文感知是普适计算的重要特征,目前研究得最多的几种上下文信息包括身份、位置、时间和任务等,物理空间中的这些上下文信息可以作为许多应用系统的数据来源。RFID 技术的特性使得它能通过“环境融合”和“上下文感知”两个方面发挥关键作用,满足“绑定”和“自发的交互”两个本质需求。

1.2.3 无线传感器网络技术简介

《报告》中指出,物联网主要涵盖四项关键性应用技术:标签物品的 RFID 技术、感知事物的传感网络技术(Sensor Technologies)、思考事物的智能技术(Smart Technologies)、微缩事物的纳米技术(Nano-Technology)。这里所说的“感知事物的传感网络技术”,指的正是在普适计算研究领域中的另一个研究热点——无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)。



无线传感器网络由部署在监测区域内的大量微型传感器节点组成,通过无线通信的方式形成一个多跳自组织网络。无线传感器网络经历了智能传感器网络、无线智能传感器网络、无线传感器网络三个阶段,具有十分广阔的应用前景,如生态环境监测(包括监测气候、土壤、森林、海洋以及各类生物等)、工业生产监控(包括公共设施的安全防卫、建筑结构的状态监控、智能交通督查以及物流跟踪管理等)、医疗卫生保健(包括抢险救援、病人监护以及远程医疗等)以及其他商业应用领域(包括智能家居、遥控玩具以及交互式博物馆等)。

无线传感器网络的研究始于 20 世纪 90 年代末,由于其具有广泛的应用范围和现实意义,所以引起了许多国家的军事部门、工业界和学术界人士的广泛关注。Intel、Microsoft 等公司,加州大学伯克利分校、康奈尔大学、麻省理工学院、清华大学、浙江大学等都展开了研究工作并取得了积极的研究成果。具有代表性的无线传感器网络项目包括:

① 加州大学洛杉矶分校(UCLA)承担的 WINS 项目,项目实施时间为 1993—1999 年,由美国国防高级研究计划署(DARPA)资助;

② 加州大学伯克利分校等 25 家机构联合承担的 SenseIT 计划,计划实施时间为 1998—2002 年,由 DARPA 资助;

③ 加州大学伯克利分校承担的 Smart Dust 项目,项目实施时间为 1999—2001 年,由 DAPRA 资助;

④ SeaWeb 计划,计划实施时间为 1999—2004 年,由美国海军研究办公室提出。

我国也很重视无线传感器网络技术在各个领域的研究和应用:2007 年 9 月,中国科学院嘉兴中心微系统所分中心与上海世博局共建的“中国 2010 上海世博会信息化无线传感网应用联合实验室”在嘉兴科技城揭牌;2008 年,中国科学院嘉兴中心微系统所分中心研制的双向 TDD_OFDM 多用户高速移动中程多媒体传感器网络在上海市得到规模性应用,实现了高分辨率图像、语音、传感器数据等的高速移动组网传输,已成为上海市公安局应急指挥的重要平台。国内越来越多的研究所、高校和企事业单位开始关注无线传感器网络技术的发展。

随着计算机成本的下降以及微处理器体积越来越小,已经有为数不少的无线传感器网络开始投入使用。但是由于技术及研究成熟度等方面的制约,无线传感器网络的大规模商业应用还需假以时日。无线传感器网络的主要应用领域有军事领域(侦察敌情、监控兵力、装备和物资,判断生物化学攻击)、生态环境监测(监测气候、土壤、森林、海洋以及各类生物等)、工业生产监控(公共设施的安全防卫、建筑结构的状态监控、智能交通督查以及物流跟踪管理等)、医疗卫生保健(抢险救援、病人监护以及远程医疗等)以及其他商业应用领域(智能家居、遥控玩具以及交互式博物馆等)。

收集传感器节点在监测区域采集的数据是无线传感器网络的基本功能。与传统的无线网络相比,无线传感器网络有如下一些特点:

① 节点构造简单,资源,如计算、接收能力、通信带宽以及存储空间等十分有限,特别是能量供给有限;

② 无线传感器网络通常运行在人无法接近的恶劣甚至危险的远程环境中,能量无法补充或更换,这一特点更加剧了能量供给对无线传感器网络生存时间的限制。